

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-018524

(43)Date of publication of application : 27.01.1987

(51)Int.Cl.

G02F 1/31  
H01L 27/15  
H01S 3/18  
H04B 9/00  
H04Q 3/52

(21)Application number : 60-157051

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 18.07.1985

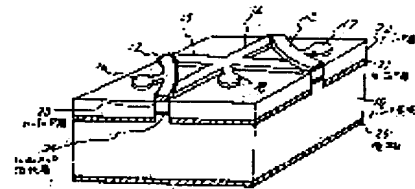
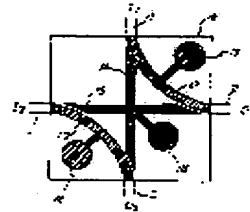
(72)Inventor : IKEDA MASAHIRO

## (54) OPTICAL MATRIX SWITCH

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To eliminate an insertion loss, to decrease the total number of the optical switch elements to be required and to permit integration to a small size by adequately controlling the gain and loss of a semiconductor to constitute  $2 \times 2$  optical switch elements and constituting a large-scale optical matrix switch by using such optical switch elements.

**CONSTITUTION:** The  $2 \times 2$  optical switch elements are constituted on an InP semiconductor substrate 10. More specifically, an n-type InP layer 21 is disposed on the p-type InP substrate 10 and a p-type InP layer 22 is disposed thereon. Active layer waveguides 24 are formed under electrode patterns 12W15 to constitute the waveguide structure connecting incident ends I1, I2 and exit ends O1, O2. The switching of the incident light signal is executed by turning on and off the current to be injected to the electrodes 16W18 in such construction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-18524

⑪ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)1月27日

G 02 F 1/31  
 H 01 L 27/15  
 H 01 S 3/18  
 H 04 B 9/00  
 H 04 Q 3/52

A-7348-2H  
 6819-5F  
 7377-5F  
 T-6538-5K  
 A-8426-5K

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光マトリクススイッチ

⑮ 特 願 昭60-157051

⑯ 出 願 昭60(1985)7月18日

⑰ 発 明 者 池 田 正 宏 武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社武蔵  
 野電気通信研究所内

⑱ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑲ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

## 明 細 書

る半導体光導波路を配置し、前記PN接合の各々の  
 順方向電流を制御することによって、前記光ス  
 イッチ素子のスイッチ動作を行わせるようにした  
 ことを特徴とする光マトリクススイッチ。

## 1. 発明の名称

光マトリクススイッチ

## 2. 特許請求の範囲

(以下、余白)

N個の入力導波路からM個の出力導波路を選択  
 して接続する光マトリクススイッチにおいて、前  
 記入力導波路と前記出力導波路との交差点のう  
 ち、対角線に沿い、かつその対角線を除外してな  
 る三角行列部分を除いた交差点に、光スイッチ素  
 子を配置し、

前記光スイッチ素子は、直交して配置された2  
 つの入射端および2つの出射端を有し、互いに隣  
 接する入射端と出射端との間を、ほぼ円弧状に形  
 成され、かつPN接合を有する半導体光導波路を介  
 して接続し、該円弧状の半導体光導波路の間  
 に、対向する入射端と出射端との間に延在し、か  
 つ互いに交差する形状を有し、かつPN接合を有す

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、小型基板上に構成した挿入損失の少ない大規模な光マトリクススイッチに関するものである。

## 〔従来の技術〕

従来、集積可能な光マトリクススイッチとしては、たとえば第4図に示すような構成のものが挙げられる。これは特願昭57-18117号に詳述されているが、第4図において、1は入力光導波路、2は出力光導波路、 $I_1$  および  $I_2$  は入力光導波路1の入力端、 $O_1$  および  $O_2$  は出力光導波路2の出力端、3は分岐回路、4は合流回路、5は分岐光導波路である。 $S_1^j$ 、 $S_i^j$  ( $i=1,2; j=1,2$ ) は各々PN接合を有する半導体光スイッチ素子を表わしており、前者は入力光導波路1に挿入され、後者は分岐光導波路5に挿入されて、マトリクスの形態に配置されている。

この光マトリクススイッチの動作を以下に説明する。いま、入力導波路1の入力端  $I_1$  から出力

損失となる欠点がある。

しかもまた、出力端に近い位置の入力端と、出力端から遠い位置の入力端との挿入損失には大きな差が生じ、光通路として使用する場合に、選択した通路によって大きな出力レベル差が生じるという欠点があった。

さらにまた、第4図の構成で  $N \times N$  の規模のマトリクススイッチを構成するためには、 $N^2$  個の交差点にスイッチ素子  $S_1^j$ 、 $S_i^j$  を配置することが必要となり、大規模なマトリクススイッチを構成する上で、放熱、製造上の歩留り等の点に問題があった。

従来の光マトリクススイッチの他の代表例として、方向性結合器形光スイッチを使用した例について説明する。第5図はかかる方向性結合器形光スイッチ素子の構成例を示し、その詳細は文献「R. V. Schmidt and R. C. Alferness, "Directional coupler switches, modulators and filters using alternating  $\Delta\beta$  techniques," IEEE, Trans. Circuit and Systems, vol. CAS-28, pp.

導波路2の出力端  $O_2$  を選択する場合には、光スイッチ素子  $S_1^j$  と  $S_{12}$  に順方向電流を注入する。入力光導波路  $I_1$  から入射した信号光は分岐回路3で分岐され、光スイッチ素子  $S_1^j$  へ入射される。ここで、順方向電流が光スイッチ素子  $S_1^j$  に注入され、信号光の波長がそのPN接合素子のゲインスペクトル内に設定されている場合には、誘導放出によって信号光は増幅されて出射される。一方、電流が注入されていない場合には、基礎吸収（誘導吸収）によって大きく減衰されるため、光信号は出射されない。

このような動作原理によって任意所望の出射端を選択することができる。しかしながら、光導波路1,2,5 およびPN接合素子  $S_1^j$ 、 $S_i^j$  共に単一モード導波系で構成されるため、分岐回路3ではもちろんのこと、合流回路4でも放射損失が生じ、原理上、3 dBの結合損失が生じる。したがって、出力光導波路2に結合された光信号は合流回路4を通過する度毎に3 dBの損失を生じ、規模の大きいマトリクススイッチでは非常に大きい挿入

1099-1108, 1979」に開示されている。

第5図において、6は入力光導波路1と出力光導波路2との間に連続して配置されている中間の光導波路であり、互いに近接している。7は制御用電圧を光導波路6に印加するための電極である。各導波路1,2,6は  $\text{LiNbO}_3$  結晶基板にTiを拡散することによって形成される。第5図の構成は、 $2 \times 2$  の光スイッチ素子として動作する。例えば、入力端  $I_1$  から入射してきた光信号は、電極6に電圧Vが印加されていない場合には出力端  $O_1$  へ出射するが、電極6に電圧Vを印加した場合には出力端  $O_2$  へ出射させることができる。入力端  $I_2$  に関しても同様な動作を行うため、 $2 \times 2$  の光スイッチ動作を行うことができる。

このような  $2 \times 2$  の光スイッチ素子を使用して光マトリクスを構成した例を第6図に示す。図中、8は第5図に示した  $2 \times 2$  の光スイッチ素子を表わす。第6図における構成例は  $4 \times 4$  の光マトリクススイッチを構成した例である。この図からわかるように、光スイッチ素子8は6個使用さ

れており、光スイッチ素子を16個用いる前述の構成例に比較すると、素子数は削減されている。

しかしながら、この場合には、ある入力端からある出力端への通路を使用していると、他の入力端から使用していない他の任意の出力端への通路が形成できないネットワーク、すなわちブロッキングネットワークとなり、交換動作を行うための光通路路として使用することが困難になる欠点がある。

さらにまた、この光スイッチ素子はパッシブ回路で構成されているため、光スイッチ素子数が増加するにつれて、挿入損失が比例的に増大し、大規模光スイッチマトリクスを構成することができない。

しかもまた、この光スイッチ素子では、光の位相条件を制御してスイッチング動作させるので、光導波路の作製条件が厳しく、入射光の偏光状態に特性が依存し、しかも温度に対する安定性が悪いという欠点がある。さらに大規模光マトリクスを構成するには、大型基板を必

スイッチ素子を配置し、光スイッチ素子は、直交して配置された2つの入射端および2つの出射端を有し、互いに隣接する入射端と出射端との間を、ほぼ円弧状に形成され、かつPN接合を有する半導体光導波路を介して接続し、円弧状の半導体光導波路の間には、対向する入射端と出射端との間に延在し、かつ互いに交差する形状を有し、かつPN接合を有する半導体光導波路を配置し、PN接合の各々の順方向電流を制御することによって、光スイッチ素子のスイッチ動作を行わせるようにしたことを特徴とする。

#### 【作用】

本発明によれば、従来と対比して、挿入損失がなく、必要とする光スイッチ素子の総数が少なく、しかも小型に集積化することができる。

#### 【実施例】

以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第1図は本発明光スイッチ素子の一実施例として、 $2 \times 2$ の光スイッチ素子の場合の平面図を示

要とする。例えば、単位光スイッチ素子の大きさを $10\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ と仮定すると、 $8 \times 8$ の規模では、約 $70\text{mm} \times 9.0\text{mm}$ の大型基板が必要となり、導波路パターンを作製する上でも非常に困難となる欠点があった。

#### 【発明が解決しようとする問題点】

そこで、本発明の目的は、小型な基板の上に大規模に構成し、かつ挿入損失を小さく構成した光マトリクススイッチを提供することにある。

#### 【問題点を解決するための手段】

かかる目的を達成するために、本発明では、半導体の利得と損失を適切に制御することによって $2 \times 2$ の光スイッチ素子を構成し、この光スイッチ素子を使用して大規模な光マトリクススイッチを構成する。

すなわち、本発明は、 $N$ 個の入力導波路から $M$ 個の出力導波路を選択して接続する光マトリクススイッチにおいて、入力導波路と出力導波路との交差点のうち、対角線に沿い、かつその対角線を除外してなる三角行列部分を除いた交差点に、光

す。第1図において、1および2はそれぞれ入力および出力光導波路、10はPN接合導波路を有する半導体基板である。ここで、入射端 $I_1$ と $I_2$ とは直交し、出射端 $O_1$ と $O_2$ とは直交して配置し、入出射端 $I_1$ と $O_1$ および入出射端 $I_2$ と $O_2$ を、それぞれ、ほぼ円弧状に形成され、PN接合を有する半導体光導波路12および13で接続する。これら円弧状光導波路12と13との間には、入出射端子 $I_1$ と $O_2$ 、入出射端子 $I_2$ と $O_1$ に向けて、それぞれ延在し、かつ互いに直交し、しかもPN接合を有する半導体光導波路14および15を配設する。16、17および18は、それぞれ、半導体光導波路12および13および半導体光導波路14と15の交差点に接続された電極であり、これら電極16、17および18にはPN接合の順方向電流を制御する電圧を印加し、その印加電圧に応じて、かかる基板10上に形成された光スイッチ素子の光通過/シャ断の状態を制御する。

このような $2 \times 2$ の光スイッチ素子の斜視図を第2図に示す。第2図において、本例では、 $\text{InP}$

系の半導体基板10上に本発明による $2 \times 2$ の光スイッチ素子を構成する。すなわち、p型のInP基板10上にn型のInP層21を配置し、その上にp型のInP層22を配置する。23は光導波路12,13,14,15の形状に沿って形成されたn型InP層、24はこのn型InP層23と基板10との間に光導波路12,13,14,15に沿って形成されたInGaAsPの活性層である。25は基板10の下面に配置された下部電極層であり、Au-Ptなどの合金で形成される。

活性層導波路24は第1図における電極パターン12,13,14,15の下に形成されており、入射端 $I_1, I_2$ と出射端 $O_1, O_2$ との間を結ぶ導波路構造をなしている。

ここで、文献「M. Ikeda, "Laser diode switch", Electron. Lett., vol.17, No.23, pp.899-900, 1981」に報告されているように、伝搬軸に沿ってPN接合を配置した半導体導波路14,15に光信号が注入されたときに、そのPN接合部に電流が注入されていない場合には、入射光は活性層24において吸収され、出射しないが、PN接合部に

$I_2$ から入射した光信号は出射端 $O_2$ へ出射される。

各々の場合に、分岐および合流の部分で原理的に各3dBの損失があり、かつ曲がり導波路や散乱による損失をも考慮すると、約8dBの挿入損失がある。しかしながら、この場合には、利得を最大30dBとれるため、8dBの挿入損失を補償することは容易であり、全体として利得も10dB程度得ることができる。したがって、本発明の光スイッチ素子では、挿入損失がなくアイソレーションの大きい $2 \times 2$ の光スイッチ素子を構成することができる。

次に本発明の $2 \times 2$ 光スイッチ素子を用いて大規模光スイッチマトリクスを構成した実施例を説明する。

第3図は本発明光マトリクススイッチの一実施例であり、ここでは、 $8 \times 8$ のマトリクススイッチを構成する。図中、30は第1図に示した $2 \times 2$ の光スイッチ素子を表わしている。このスイッチネットワークは、図から明らかなように、必要と

順方向に電流が注入されている場合には、入射光はかかる活性層24で増幅されて出射される。

第2図のような構造において、伝搬軸に沿ったさが $200 \mu m$ 程度である場合には、利得として30dB、吸収損失として50dBの値が得られる。したがって、電極16,17,18への注入電流をオン、オフすることによって、入射光信号のスイッチングを行うことができる。

ここで、第1図に示した $2 \times 2$ の光スイッチ動作を説明する。電極18に順方向電流を注入し、電極17には電流を流さない場合には、入射端 $I_1$ から入射した光信号は2方向に分岐され、出射端 $O_2$ の方向へは増幅されて出射するが、出射端 $O_1$ の方向へは吸収されて出射されない。入射端 $I_2$ から入射した光信号に対しては同様な動作で、光信号は出射端 $O_1$ へのみ出射される。

また、2つの電極16と17に同時に順方向電流を注入し、電極18には電流を流さない場合には、上述した状態とは逆の状態、すなわち入射端 $I_1$ から入射した光信号は出射端 $O_1$ へ出射し、入射端

する総素子数が少なく済む構成となる。すなわち、 $N \times N$ のマトリクスを構成する場合には、対角線を境に、三角行列部分にのみ素子を配置するだけでよいから、素子の総数は $1/2N(N+1)$ となる。

従来のマトリクス構成では、 $N^2$ 個の素子が必要となるため、その差は $1/2N(N-1)$ となり、大規模なマトリクスを構成する場合には、ほぼ $1/2N^2$ に比例して素子数を減少させることができる。例えば、 $8 \times 8$ のマトリクスの場合には、本発明の構成では、36個の光スイッチ素子で済むため、従来の構成で必要となる64個より28個削減することができる。

入力端子 $I_i$ から出力端子 $O_j$ を選択する場合には、次のような手順で各交差点の状態を設定する。すなわち、 $i \geq j$ の場合には、通路を、その $i$ 番目の入放路から $j$ 番目の出放路まで直線上に伸ばし、 $(i, j)$ の交差点で出放路側へ通路を切換えるものとする。他方、 $i < j$ の場合には、先ず $(i, i)$ の交差点まで通路を入放路から直線上

に伸ばし、以後は1段ずつ出放路側へ切換えて、さらに出放路番号が増える方向に切換え、jの出放路に達したら通路をjの出放路まで伸ばす操作を行う。第3図には入射端  $I_4$  から出射端  $O_5$  を選択する通路を太い実線で示してある。

既に占有されている通路がある場合には、その占有されている通路も含めて前述の手順で通路を再設定することにすれば、ブロッキングされることなく通路を設定することができる。この手順はあらかじめプログラムとして制御装置に組み込んでおくことができ、それによって容易に通路の設定を行うことが可能である。

第1図の場合に説明したように、 $2 \times 2$ の光スイッチ素子を第3図における単位格子として構成すると、入力端から出力端まで損失が零の状態に光通路を設定することができる。しかも、単位格子の大きさを200  $\mu\text{m}$  で構成すると、第3図に示した $8 \times 8$ のマトリクススイッチを $1.8\text{mm} \times 1.8\text{mm}$ の基板上に形成することができる。

い。

viii) 大量生産が可能であり、経済性が良好である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明における $2 \times 2$ 光スイッチ素子の一実施例の構造を示す平面図、

第2図は第1図示の光スイッチ素子を一部断面図で示す斜視図、

第3図は本発明 $8 \times 8$ 光マトリクススイッチの構成の一例を示す線図、

第4図はPN接合素子をスイッチ素子として用いた従来の光マトリクススイッチの構成例を示す線図、

第5図は従来の光スイッチ素子としての方向性結合型 $2 \times 2$ 光スイッチの構造例を示す線図、

第6図は第5図の素子を用いて構成した $4 \times 4$ 光マトリクススイッチの一例を示す構成図である。

#### 〔発明の効果〕

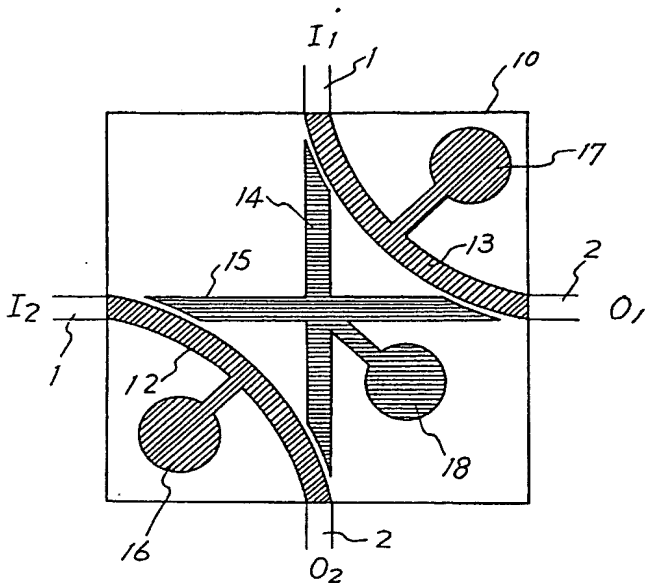
以上説明したように、本発明によれば、入放路と出放路を直交する方向に $2 \times 2$ の光スイッチ素子を構成することができ、しかもPN接合を有した半導体導波路で光マトリクススイッチを構成するので、以下のような利点がある。

- i) 半導体プロセスで製造するため小型に集積化できる。
- ii) 必要とする総素子数が少なくてすむ。
- iii) 挿入損失がなく、利得さえも得ることができる。
- iv) 入放路と出放路とを直角に配置することができる。
- v) 光スイッチ素子は電流注入による制御でスイッチング動作するので、1 ns程度の高速スイッチングが可能である。
- vi) スwitching動作は損失と利得の切替え型のため、導波路の作製精度をそれ程高くする必要はない。
- vii) 光マトリクススイッチの寿命が半永久的に長

- 2…出力光導波路、
- 3…分岐回路、
- 4…合流回路、
- 5…分岐光導波路、
- 6…中間光導波路、
- 7…電極、
- 8… $2 \times 2$ 光スイッチ素子、
- 10…p型InP基板、
- 12,13…円弧状半導体光導波路、
- 14,15…直交半導体光導波路、
- 16,17,18…電極、
- 21…n型InP層、
- 22…p型InP層、
- 23…n型InP層、
- 24…InGaAsPの活性層、
- 25…電極、
- 30… $2 \times 2$ の光スイッチ素子。

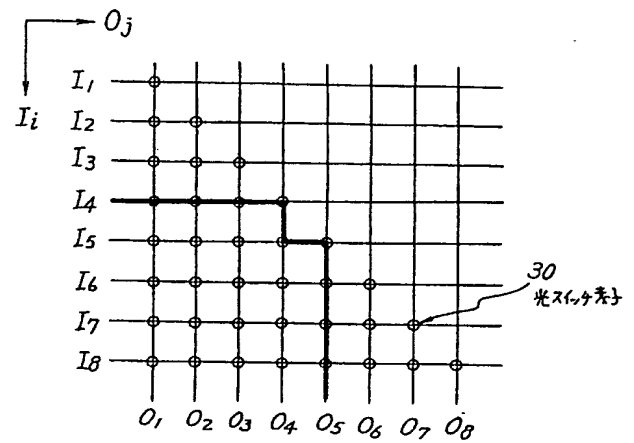
特 許 出 願 人      日本電信電話株式会社  
代 理 人 弁 理 士      谷      義      一

- 1…入力光導波路、

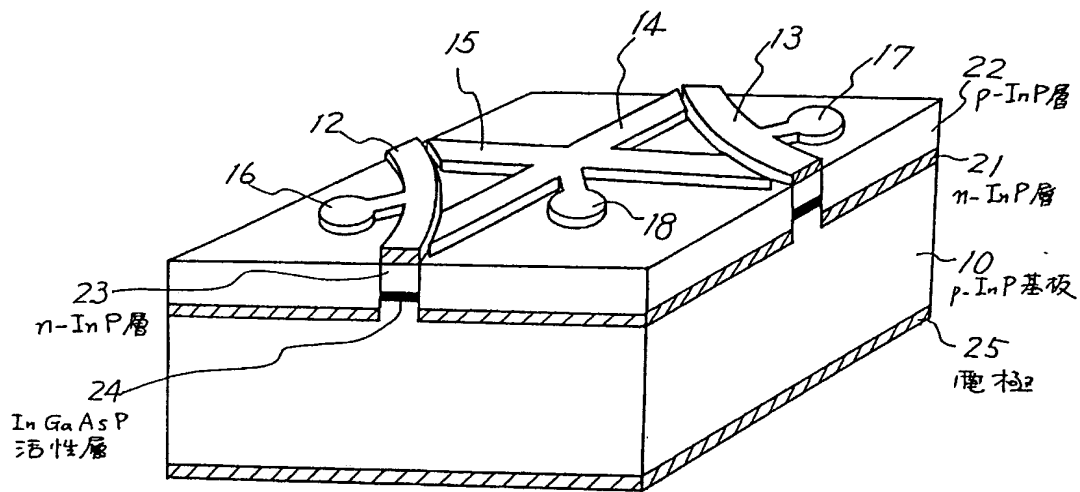


第 1 図 本発明における光スイッチ素子を示す平面図

- 10... 基板  
12, 13... 円弧状半導体光導波路  
14, 15... 直交半導体光導波路  
16, 17, 18... 電極

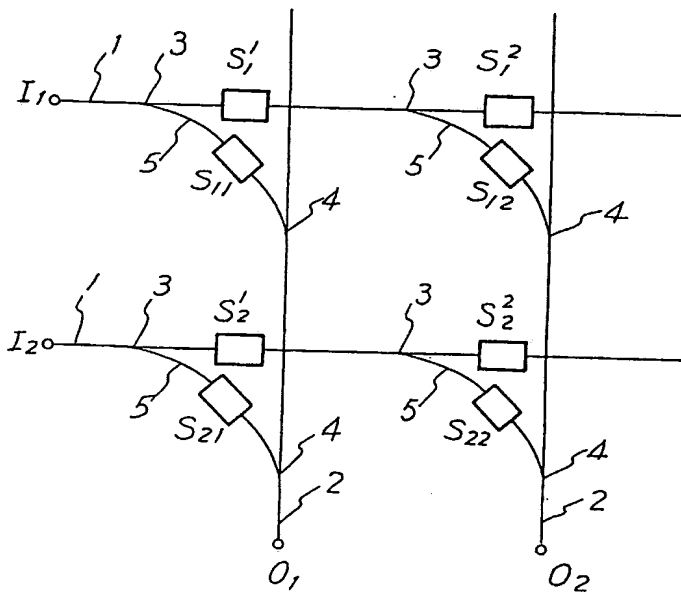


第 3 図 本発明光マトリクススイッチを示す線図



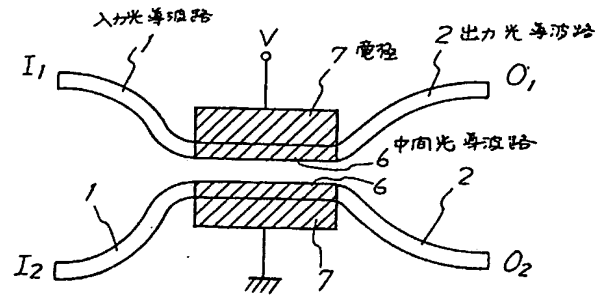
第 2 図 本発明による光スイッチ素子の斜視図

- 12, 13, 14, 15... 光導波路  
16, 17, 18... 電極

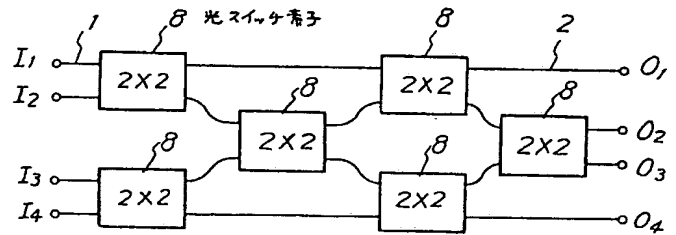


第4図 従来の光マトリクススイッチを示す線図

- 1...入力光導波路
- 2...出力光導波路
- 3...分岐回路
- 4...合流回路
- 5...分岐光導波路



第5図 従来の光スイッチを示す線図



第6図 5個の光スイッチで構成した光マトリクススイッチを示す構成図